



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY**

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**ANALÝZA EROZNÍCH A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ PRO  
POTŘEBY POZEMKOVÝCH ÚPRAV**

THE EROSION AND RUNOFF ANALYSIS FOR LAND CONSOLIDATION

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

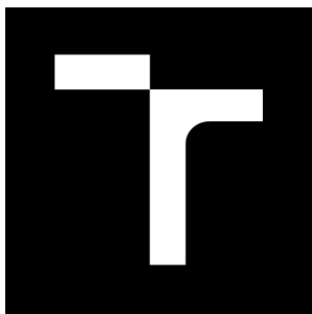
**Jiří Benáček**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.**

**BRNO 2020**



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY**

INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

**ANALÝZA EROZNÍCH A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ PRO  
POTŘEBY POZEMKOVÝCH ÚPRAV**

THE EROSION AND RUNOFF ANALYSIS FOR LAND CONSOLIDATION

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Jiří Benáček**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**prof. Ing. MIROSLAV DUMBROVSKÝ, CSc.**

**BRNO 2020**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Jiří Benáček
Název	Analýza erozních a odtokových poměrů pro potřeby pozemkových úprav
Vedoucí práce	prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.
Datum zadání	30. 11. 2019
Datum odevzdání	22. 5. 2020

V Brně dne 30. 11. 2019

---

doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

1. Holý M, a kol - Eroze a životní prostředí, ČVUT Praha 1998
2. Janeček M, a kol. : Ochrana zemědělské půdy před erozí, metodika ČZU Praha, 2012
3. Dumbrovský M, - Mezera J, Střítecký L.: Metodický návod pro projektování pozemkových úprav, metodika ČMKPU 2005
4. Hrádek F, - Implementace hydrologického modelu DeSQ, VUMOP Praha 1997
5. Manuál-USLE2D,- <http://geo.kuleuven.be/geography/modelling/erosion/usle2d/index.htm>

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

S využitím DMT a příslušných vrstev GIS podkladů v daném území provedte analýzu erozních a odtokových poměrů v návaznosti na síť účelových komunikací a Územní systém ekologické stability.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

---

prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.  
Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Cílem této práce bylo provést analýzu erozních a odtokových poměrů pro účely pozemkových úprav. Míra erozní ohroženosti byla určena pomocí rovnice Wischmeiera a Smithe v prostředí geografického informačního systému ArcGIS. Na základě digitálního modelu terénu byla zjištěna akumulace vody a vytyčeny kritické body. Dále byli vypočítány odtokové poměry pomocí hydrologického modelu DesQ.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

GIS

Povrchový odtok

CN

Eroze půdy

DMT

DesQ

## **ABSTRACT**

The aim of this work was to analyze the erosion and runoff conditions for landscaping. The degree of erosion risk was determined using the Wischmeier and Smith equation in the ArcGIS geographic information system. Based on a digital terrain model, water accumulation was determined and critical points were identified. Furthermore, runoff ratios were calculated using the hydrological model DesQ.

## **KEYWORDS**

GIS

Surface runoff

CN

Soil erosion

DMT

DesQ

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

Jiří Benáček *Analýza erozních a odtokových poměrů pro potřeby pozemkových úprav*. Brno, 2020. 46 s., 5 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Dumbrovský, CSc.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22.5.2020

---

Jiří Benáček

autor práce

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce panu profesoru Dumbrovskému za inspiraci v tomto odvětví vodního hospodářství a samozřejmě za nesamozřejmou pomoc a ochotu při vytváření této práce.



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LITERÁRNÍ REŠERŠE .....</b>	<b>4</b>
2.1	Pozemkové úpravy.....	4
2.1.1	Formy pozemkových úprav:.....	4
2.1.2	Postup provádění PÚ.....	4
2.2	Eroze půdy .....	5
2.2.1	Vodní eroze.....	6
2.2.2	Větrná eroze.....	9
<b>3</b>	<b>POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ .....</b>	<b>11</b>
3.1	Klimatické poměry.....	11
3.2	Srážkové poměry.....	12
3.3	Teplotní poměry.....	12
3.4	Větrné poměry .....	12
3.5	Vlhkostní poměry.....	13
3.6	Hydrologické poměry.....	13
3.6.1	Vodní toky.....	13
3.6.2	Rybníky a vodní nádrže.....	14
3.7	Geologické a půdní poměry.....	15
3.7.1	Geologické poměry.....	15
3.7.2	Geomorfologické poměry .....	16
3.7.3	Pedologické poměry .....	17
3.7.4	Hydropedologické poměry.....	19
<b>4</b>	<b>METODIKA VÝPOČTŮ.....</b>	<b>21</b>
4.1	Metoda USLE .....	21
4.1.1	R – faktor erozní účinnosti dešťů.....	22
4.1.2	K – faktor erodovatelnosti půdy.....	22
4.1.3	LS – faktor.....	23
4.1.4	C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu .....	23

4.1.5	P – faktor účinnosti protierozních opatření .....	25
4.2	Metoda CN křivek .....	25
4.3	Model DesQ .....	26
<b>5</b>	<b>VÝPOČET VODNÍ EROZE A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ .....</b>	<b>28</b>
5.1	Analýza vodní eroze .....	28
5.1.1	Vymezení EUC .....	28
5.1.2	Stanovení R – faktoru .....	29
5.1.3	Stanovení K – faktoru .....	29
5.1.4	Stanovení C - faktoru .....	29
5.1.5	Stanovení L a S faktoru .....	30
5.1.6	Stanovení P-faktoru .....	30
5.1.7	Míra erozní ohroženosti .....	30
5.2	Stanovení odtokových poměrů .....	31
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>POUŽITÁ LITERATURA .....</b>	<b>36</b>
	SEZNAM TABULEK .....	38
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	39
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	40
	SEZNAM PŘÍLOH .....	41

# 1 ÚVOD

Cílem této bakalářské práce je provést analýzu vodní eroze a odtokových poměrů v katastrálním území obce Liderovice v jižních Čechách pro účely pozemkových úprav, které v daném katastrálním území probíhají.

Účelem této analýzy je stanovení podkladů pro následný plán společných zařízení, v rámci, kterého lze řešit návrh vodohospodářských, protierozních a protipovodňových opatření, jakožto i cestní síť a územní systém ekologické stability.

Teoretická část pojednává o pozemkových úpravách jako nástroji pro řešení celé řady problémů v krajině. Zaměřuje se na vysvětlení jednotlivých druhů pozemkových úprav včetně způsobu, jakým celý proces úprav probíhá. Dále se soustředí na problematiku eroze na zemědělské půdě. V práci jsou popsány různé druhy eroze společně s jejich dopady nejen na lidskou činnost, ale i životní prostředí, vodní toky a nádrže

Praktická část se věnuje popisu procesu získávání potřebných dat, použitých metod a postupů jednotlivých výpočtů. Výsledky mají sloužit k vyhodnocení současného stavu v obvodu pozemkových úprav a popisu stávajících poměrů. Erozní ohrožení v zájmové oblasti je vyhodnoceno pomocí programu ArcGIS a odtokové poměry potom v ArcGIS a DesQ. Na základě takto získaných dat je cílem práce vyhodnocení míry erozní ohroženosti půd a akumulace odtoku. Jedná se o snahu připravit jeden z možných podkladů pro návrh cestní sítě a územního systému ekologické stability v zájmové oblasti.

## 2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Pozemkové úpravy jako komplexní nástroj pro práci s krajinou v rámci katastrálních území se dnes používá ve více formách a obnáší celou řadu postupů a procesů. Jedním z nich je i stanovení míry eroze, která způsobuje nemalé škody a to jak ekologické, tak ekonomické.

### 2.1 POZEMKOVÉ ÚPRAVY

Jedná se o proces při kterém se prostorově a funkčně uspořádávají pozemky, scelují se nebo dělí, zabezpečuje se jimi přístupnost a využití pozemků a jejich hranic tak, aby se vytvořili podmínky pro racionální hospodaření vlastníků půdy. Dochází k zániku původních a vzniku nových pozemků a k nim vlastnických práv. Podporují zlepšení podmínek pro kvalitu života, konkurenceschopnost v zemědělství, životní prostředí a ochranu půdního fondu. Dále je ovlivňováno lesní a vodní hospodářství, v podobě řešení nepříznivých účinků povodní a sucha, odtokových poměrů a zvýšením ekologické stability krajiny. Výsledky pozemkových úprav slouží pro obnovu katastrálního operátu a jako neopomenutelný podklad pro územní plánování [1].

#### 2.1.1 Formy pozemkových úprav:

- **Komplexní pozemkové úpravy (KPÚ)** – probíhají v rámci jednotlivých katastrálních územích (k.ú.), v ojedinělých případech do nich mohou být začleněny další oblasti, které mají specifický vliv či dopad na jejich vyhodnocení. V rámci KPÚ se řeší síť polních cest, ochrana půdy a protierozní opatření (PEO), vodohospodářská opatření, opatření ekologické stability a krajinného rázu a další. Jak již z názvu vyplývá, všechny tyto oblasti jsou řešeny komplexně, a tedy ve vzájemných souvislostech a návaznostech [2].
- **Jednoduché pozemkové úpravy (JPÚ)** – podstatou jsou stejné jako KPÚ, ale mají za cíl, řešit jen jednu nebo několik nejzásadnějších oblastí zájmu. Může to být např. jen část půdních bloků v k.ú. Ve většině případů slouží k vyřešení problémů hospodařících subjektů do doby, než proběhnou KPÚ [2].

#### 2.1.2 Postup provádění PÚ

Postup pro provádění pozemkových úprav je rozpracován v Metodickém návodě k provádění pozemkových úprav. Pozemkové úpravy probíhají podle vyhlášky 13/2014 sb. o postupu při provádění pozemkových úprav a náležitostech návrhu pozemkových úprav.

Pozemkové úpravy má na starosti Státní pozemkový úřad (SPÚ) potažmo jeho krajská pobočka. Pozemkové úpravy jsou zahájeny v případě, že se pro ni vysloví nadpoloviční většina vlastníků zemědělské půdy v daném katastrálním území. Dále pokud jde o veřejný zájem v rámci stavební činnosti, jako je výstavba dálnic, rychlostních komunikací či železničních koridorů. Mohou být zahájeny i na podnět samotného pozemkového úřadu v případě potřeby řešení protipovodňových a protierozních opatření, které zmírňují škody na životech, majetku nebo životním prostředí [1].

Prvním krokem po zahájení pozemkových úprav je úvodní jednání. Cílem je seznámit všechny účastníky se samotným procesem pozemkových úprav, jeho přínosech, obvodem pozemkových úprav (ObPÚ) a dalšími kroky, které budou dále následovat, jako je např. realizace plánu společných zařízení. Dále je zvolen sbor zástupců, který zastupuje vlastníky půdy při rozhodování, posuzování a schvalování návrhů jednotlivých opatření. Mělo by také dojít ke stanovení bodu pro měření vzdáleností jednotlivých pozemků.

Následuje podrobný průzkum a jeho vyhodnocení. Zabývá se současným způsobem hospodaření na pozemcích, zpřístupněním krajiny, degradací půdy, prvky protierozní ochrany a systémem ekologické stability (ÚSES). Výsledku průzkumu dále slouží pro návrh plánu společných zařízení [3].

Z podrobného průzkumu dále vychází plán společných zařízení (PSZ), který svými protipovodňovými, protierozními, vodohospodářskými a zpřístupňujícími opatřeními výrazně udává další vývoj krajiny. V návaznosti na to musí při návrhu nových pozemků zohlednit kritéria vycházejících z pozemků původních. Je to porovnání vzdáleností od stanoveného bodu, velikostí výměry a cen původních a navrhovaných pozemků. Návrh PSZ je schvalován ve 3 fázích. Aby došlo ke sválení je potřeba dosáhnou nejméně 75 % souhlasů.

V poslední fázi probíhá 1. rozhodnutí o návrhu pozemkových úprav a 2. rozhodnutí o výměně nebo přechodu vlastnických práv. Výsledkem je digitální katastrální mapa s novými parcelními čísly, která je následně zanesena do katastru nemovitostí [3].

## 2.2 EROZE PŮDY

Eroze zemědělské půdy ohrožuje produkční i mimoprodukční funkce půd a přináší mnohamilionové škody. V České republice je vodní erozí ohroženo přibližně 50 % orné půdy a větrnou erozí okolo 10 %. Na většině těchto ohrožených půd není prováděna systematická ochrana, která by bránila její degradaci a udržovala ztráty půdy v přípustných mezích [4].

### 2.2.1 Vodní eroze

Jedná se o přírodní proces, při kterém jsou z půdy vyplavovány organické a minerální částice, které jsou působením vody transportovány na jiné místo, kde následně dochází k jejich usazování. Nedochozí jen k poškození půdy, ale také k zanášení vodních toků a nádrží. Na tyto částice jsou navázány také agrochemikálie a další rizikové látky. Ty mohou mít následně negativní vliv na životní prostředí, či dokonce doputovat zpět do potravního řetězce.

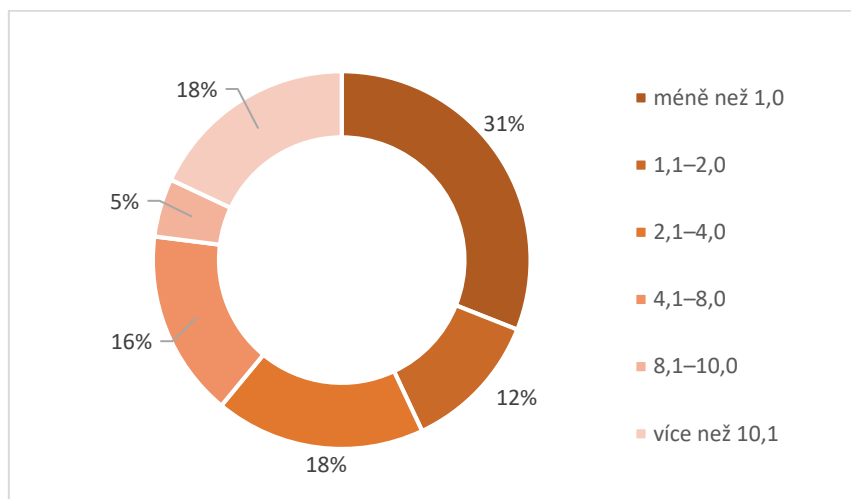
Vodní erozi lze rozdělit na erozi geologickou a erozi zrychlenou. Geologická probíhá přirozeně, postupně přetváří reliéf území a probíhá v souladu s půdotvorným procesem. Zrychlená eroze je naproti tomu nežádoucí, protože v jejím důsledku nemůže probíhat půdotvorný proces, který je výrazně pomalejší. Vodní eroze je tedy přirozená a nelze ji zcela potlačit, lze ji však omezit na takovou míru, kdy je možné zachovat trvalé využívání půdy k zemědělským účelům.

Problém se zrychlenou vodní erozí v ČR začal během kolektivizace zemědělství. Vytvořením velkých ploch namísto malých polí, alejí, luk a břehů přirozených toků se snížila přírodní ochrana půdy. Půdní bloky v ČR patří mezi největší v celé Evropě.

V důsledku vodní eroze dochází ke zmenšení hloubky půdního profilu, ztrátě organické hmoty a změně fyzikálních vlastností půdy. Následně plodiny v takto poškozené půdě nemají dostatek živin a snižují se výnosy. Naproti tomu v místě ukládání splavených částic dochází k překryvu plodin a jejich poškození.

Vliv na výnosy je nezanedbatelný. Na slabě erodovaných půdách dochází k poklesu o 15-20 %, na středně erodovaných půdách o 40-45 % a na silně erodovaných až o 75 % [5].

Dalším negativním aspektem, je snižování průměrné ceny pozemků s takto degradovanou půdou. Např. v některých moravských oblastech dochází ke smyvu orničních horizontů o tloušťce větších než 60 cm, které jsou akumulovány v nižších partiích. Tento jev dokládá aktualizace bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), kdy dochází k jejich snížení a v některých katastrálních územích může jít v průměru i o 50% snížení průměrné ceny půdy. Navíc hodnota půdy je nevyčíslitelná vzhledem k tomu, že z pohledu lidského života je půda neobnovitelná. Za velice příznivých podmínek vznikne 2-3 cm vrstva půdy během 100 až 1000 let [6].



Obrázek 1: Dlouhodobá průměrná ztráta půdy v ČR [7]

### 2.2.1.1 Zanášení koryt vodních toků

Erozní produkty transportované ze zemědělských pozemků do vodních toků se zde ukládají v závislosti na charakteru proudění a obecně snižují jeho kapacitu. To má za následek postupný vzestup nivelety dna a tím navazující zvyšování hladiny podzemní vody v okolí koryta a četnější vybřežování.

Tento proces vyvolává nutnost údržby koryt, které je finančně náročné a zároveň snižuje přírodní hodnotu koryta, neboť při čištění je odstraněno dno i s jeho oživením. Spolu s úpravou koryta, její sanací či stabilizací, je také spojován často nezbytný radikální zásah do břehových porostů.

Tento proces pracuje proti směru tzv. samovolné revitalizace koryt vodních toků, který je velmi často využíván v současné době především u menších toků. V diskuzích se často opakuje otázka do jaké míry se na celkovém přesunu splavenin podílí eroze na zemědělských pozemcích a do jaké míry eroze v korytech. Zatím neexistují spolehlivé výpočty, které by ukázaly celkové odhady, a lze vycházet pouze z empirických zkušeností.

Ty říkají, vymílání nepřichází v úvahu, protože rozhodující část z menších vodních toků v zemědělské krajině je upravená a technicky stabilizovaná. Pramenní úseky koryt, které často prochází lesními plochami, jsou v dlouhodobém horizontu povětšinou stabilní. V případě, že nejsou, tak je to důvod k provedení hrazenářských prací či jiných úprav koryta.

Častějším problémem na území ČR je zanášení vodních toků, než jejich vymílání. To potvrzuje hypotézu, že rozhodující většina sedimentu je původem ze zemědělských ploch.

U menších toků se situace může místně lišit, u větších poté dochází dlouhodobě k jejich zanášení.

Je možno uvažovat, že splaveniny v drobných tocích jsou transportovány dále do větších vodních toků a usazují se poté v jezových zdržích či zejména ve vodních nádržích [8].

### 2.2.1.2 Zanášení vodních nádrží

Splaveniny vypadají při poklesu rychlosti a unášecí síly vodního toku na vstupu do vodních nádrží. Nejhrubší splaveniny jsou selektovány jako první, nejjemnější jako poslední. Tato separace není konstantní, je totiž vázaná na velikost erozní epizody a průtoku, který materiál přinesl.

Extrémní události nesou hrubší částice daleko dále do zdrže, zatímco při událostech s menším nárůstem průtoku se tyto částice ani nevyskytují a u vtoku sedimentují částice jemnozrné. To má za následek prostorovou zrnitostní nehomogenitu sedimentu i jeho časté výrazné zvrstvení.

Nejvíce materiálu se ukládá na vtoku do nádrže, tím snižuje hloubku vody a prostor se stává dostupnější pro zarůstání emerzní (vynořenou) vegetací. To zvyšuje drsnost a dále zpomaluje průtok vody, a to přispívá k dalšímu zrychlení zanášení prostoru a vodní nádrž se zazemňuje stále rychleji.

V případě, že zanášení nádrží je výrazné, vodní nádrž je postavena za účelem zásobování a její bilancování je napjaté, může tato situace negativně ovlivnit zabezpečení dodávek vody, protože nezanedbatelná část objemu je zabrána sedimentem.

Například u VD Želivka – vodní nádrž Němčice byla v 90. letech z ¼ objemu zahlcena sedimentem, nebyla dodržena doba zdržení požadovaná z důvodu přirozených procesů odbourávání živin ve vodě a proto bylo nutné provést odbahnění.

U vodních nádrží, vybudovaných pro zásobní funkci, v souvislosti s jejich cílem, je očekáváno výraznější kolísání hladiny v dlouhodobém časovém horizontu, a při poklesu hladiny dochází k obnažení dna. Usazený sediment je z větší části ze zemědělské půdy, a proto je materiál vysoce úživný, poskytující ideální podmínky pro rychlé oživení agresivní vegetací. Proto se v prostoru zátopy velmi rychle vyvíjí porost s biomasou a při opětovném vzestupu vodní hladiny dochází k jeho zaplavení, což následně může způsobit kyslíkovou havárii [8].





Obrázek 2: Ukázka odbahnění vodní nádrže Jemniště – dolní [9]

### 2.2.2 Větrná eroze

Větrná eroze je přírodním jevem, při kterém vítr působí na povrch půdy mechanickou silou, narušuje půdu a uvádí do pohybu uvolněné půdní částice. Ty jsou přenášeny na různé vzdálenosti, kde se ukládají. Samotný pohyb těchto částic probíhá třemi fázemi:

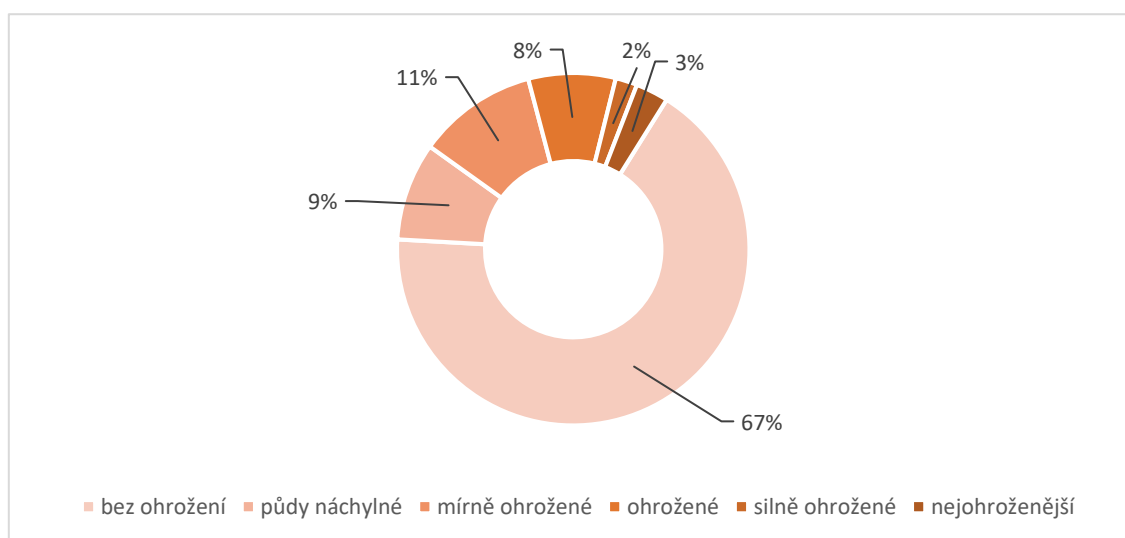
- nejjemnější částice jsou ve formě suspenze větrem zaváty a přeneseny na velkou vzdálenost, vznik prašných bouří
- největšího množství půdní hmoty je přesunuto skokem
- přesun větších a těžších částic probíhá sunutím po povrchu půdy

K prvním dvěma fázím dochází skrze působení turbulentního proudění přízemního větru ve spolupráci s energií, která je schopná překonat gravitační sílu půdních částic. Třetí fáze nastává tehdy, když energie je menší než gravitační síla zmíněných půdních částic.

Vítr je dominantní složkou větrné eroze. Jeho síla je závislá na rychlosti větrného proudu, době trvání a četnosti větrů, dále významnými činiteli jsou srážky a teplota vzduchu. Nejsilnější účinky jsou vidět při silných výsušných a dlouhotrvajících větrech na holých plochách.

Stav a povaha půdy je dána nejen velikostí a tvarem částic, ale především strukturou a vlhkostí půdy, drsností povrchu a případným rostlinným krytem, který je rozhodujícím faktorem při ochraně před dynamickými účinky větru. Dalšími činiteli ovlivňujícími průběh větrné eroze je odpor půdních částic a délka erodovaného území. Zmenšení intenzity deflace, tedy narušením délky erodovaného území (například výsadbou ochranných lesních pásů), napomáhá snížení efektu větrného působení.

V největším ohrožení jsou lehké písčité půdy, které jsou k nalezení především na jižní Moravě v oblasti Polabí. Působení větrné eroze v oblastech s těžkými půdami, které jsou specifické silnou změnou své struktury vlivem povětrnostních podmínek zejména v zimním období a následným suchem na jaře. V tom období pak typicky dochází k zvýšenému výskytu větrných erozí, někdy až prachových bouří, díky vlivu silných vysušných větrů, například v okolí Bánova a Suché Lozi vznikají prachové závěje vysoké až několik metrů, jsou zanášeny příkopy a koryta vodních toků a prach v ovzduší způsobuje obtíže obyvatelům místních obcí. [4]



Obrázek 3: Ohroženost zemědělské půdy v ČR větrnou erozí [7]

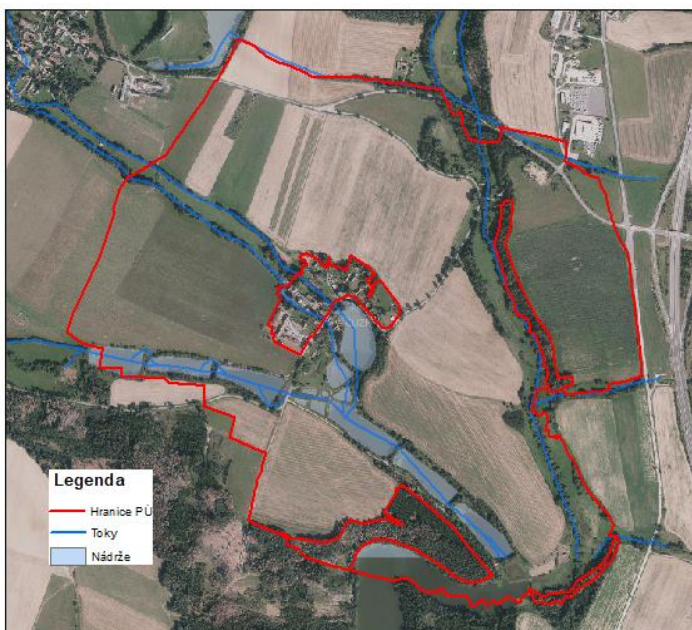


Obrázek 4: Ukázka větrné eroze (Kyjovsko, foto) [10]

### 3 POPIS ZÁJMOVÉHO ÚZEMÍ

Katastrální území Liderovice se nachází v jižních Čechách, v okrese Tábor. V oblasti s bohatou historií v oblasti chovu ryb. Najdeme jej 6,5 km severně od města Tábor a 2 km západním směrem od obce Chotoviny. Počet obyvatel s trvalým bydlištěm pouhých 14. Řada obydlí je využívána pouze k rekreaci [11].

Obec leží v blízkosti soustavy rybníků, které spadají do povodí jednoho z nejstarších rybníků v Čechách nádrže Jordán v Taboře. Velikost k.ú. je 1,85 km<sup>2</sup>. Obvod pozemkových úprav je zobrazen na obrázku 5.



Obrázek 5: Obvod pozemkových úprav v k.ú. Liderovice

#### 3.1 KLIMATICKÉ POMĚRY

Zájmové území leží v klimatickém regionu 7: mírně teplý, vlhký – MT 4. Z klimatických regionů je plošně nejrozšířenější. Zaujímá všechny části pahorkatin.

Tabulka 1: Charakteristika klimatického regionu

Charakteristika 2. klimatického regionu T 2	
Suma teplot nad 10°C	2 200 – 2 400
Průměrná roční teplota °C	6 – 7
Průměrný úhrn srážek (mm)	650 – 750
Pravděpodobnost suchých vegetačních období v %	5 – 15
Vláhová jistota ve vegetačním období	nad 10

### 3.2 SRÁŽKOVÉ POMĚRY

V následujících tabulkách jsou uvedeny údaje o průměrných úhrnech srážek v jednotlivých měsících, za rok a vegetační období, a o průměrných počtech dnů s bouřkou v jednotlivých měsících a za rok. Údaje byly převzaty z Atlasu podnebí ČSSR.

Tabulka 2: Průměrné měsíční srážky

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	IV-IX
Úhrn	32,5	30,7	34,4	41,4	66,9	79,3	68,4	72,7	45,6	35,2	36,2	35,4	578,8	374,3

### 3.3 TEPLOTNÍ POMĚRY

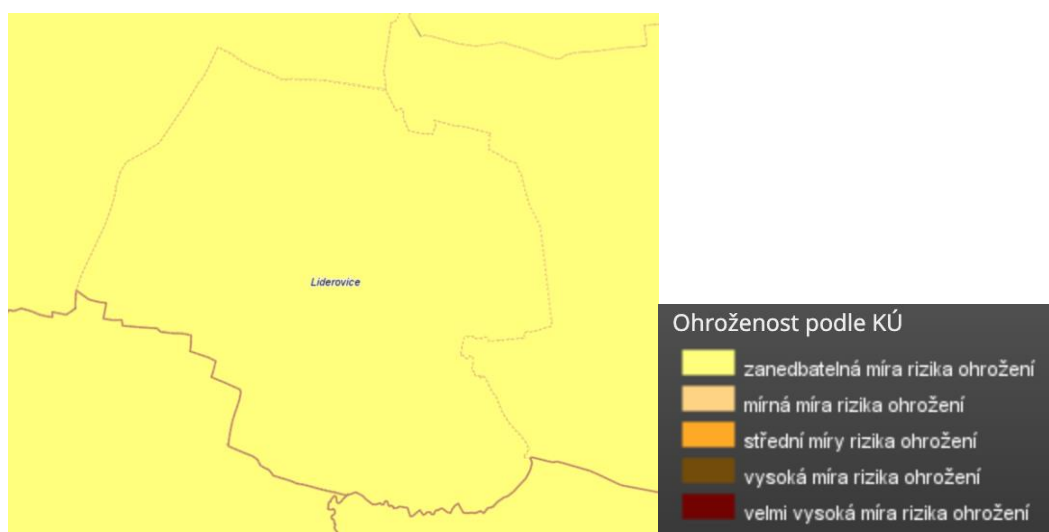
V následujících tabulkách jsou uvedeny údaje o průměrných teplotách vzduchu v jednotlivých měsících, za rok a vegetační období. Údaje byly převzaty z Atlasu podnebí ČSSR.

Tabulka 3: Průměrné měsíční teploty

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok	IV-IX
Teplota	-2,8	-1,1	2,6	7,4	12,6	15,8	17,3	16,6	12,9	7,9	2,7	-1,0	7,6	13,8

### 3.4 VĚTRNÉ POMĚRY

Podle dostupných dat z VUMOP (výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy) není katastrální území Lidérovce ani blízké okolí ohroženo větrnou erozí, proto nejsou prováděny ani žádné podrobnější ověření.



Obrázek 6: Ohrožení větrnou erozí dle katastrálního území (zdroj: <https://geoportal.vumop.cz/>)

### 3.5 VLHKOSTNÍ POMĚRY

Klasifikace podnebí podle Langova dešťového faktoru

Langův dešťový faktor –  $Df = S / t = 578,8 / 7,6 = 76,16$

( $S$  – průměrný úhrn ročních srážek (mm),  $t$  – průměrná roční teplota vzduchu °C)

Klasifikace oblasti dle Langova dešťového faktoru: oblast normální ( $Df = 70-80$ ).

### 3.6 HYDROLOGICKÉ POMĚRY

Zájmové území se svým okolím patří do oblasti povodí 3. řádu Lužnice. Tato oblast je dílčím povodím hydrologického povodí Vltavy, tvoří národní části mezinárodní oblasti povodí Labe.

Nejvyšším bodem povodí Lužnice je s nadmořskou výškou 1040 m Myslivna v Novohradských horách. Rozloha povodí je 4226,2 km<sup>2</sup>, z čehož 3517,3 km<sup>2</sup> se nachází na území Česka a 708,9 km<sup>2</sup> na území Rakouska. Řešené území se nachází v následujících hydrologických povodích 4. řádu:

Tabulka 4: - Přehled dílčích povodí v k.ú.

Dílčí povodí	Plocha dílčího povodí	Název hlavního vodního toku v dílčím povodí	Lokalizace v zájmovém území
1-07-04-0710	8,31 km <sup>2</sup>	Košínský potok	Východní část zájmové oblasti
1-07-04-0720	7,97 km <sup>2</sup>	Kostelecký potok	Prochází přes celé zájmové území ze severozápadní do jihovýchodní části

#### 3.6.1 Vodní toky

V zájmovém území se nachází drobný vodní tok Kostelecký potok (1-07-04-0720-0-00). Plocha dílčího povodí je 7,97 km<sup>2</sup>. Jedná se o pravobřežní přítok Košínského potoka. Správcem toku je Povodí Vltavy. V zájmovém území protéká vodními nádržemi: Návesný rybník, Liderovický rybník, Košín III a Košín II.

Východně od obce se nachází další významný tok Košínský potok (1-07-04-0710-0-00).

Plocha dílčího povodí je 8,31 km<sup>2</sup>. Celková délka toku je 22,2 km. Pramení v jižních Čechách, necelý kilometr západně od Bonkovic. Košínský potok je pravostranným přítokem řeky Lužnice. Průměrný průtok u ústí je 0,42 m<sup>3</sup>/s. Správcem toku je Povodí Vltavy.

**Tabulka 5:** Přehled vodních toků v zájmovém území [14]

Název toku	ID toku	Délka toku m	povodí IV. řádu
Kostelecký p.	118920000100	4 276	1-07-04-072
Košínský p.	118870000100	4 890	1-07-04-071
Radkovský p.	118920001200	3 018	1-07-04-072
Bezejmenný potok 1	118910002000	1 186	1-07-04-071
Bezejmenný potok 2	118910001600	1 226	1-07-04-071
Bezejmenný potok 3	118910001400	1 197	1-07-04-071

### 3.6.2 Rybníky a vodní nádrže

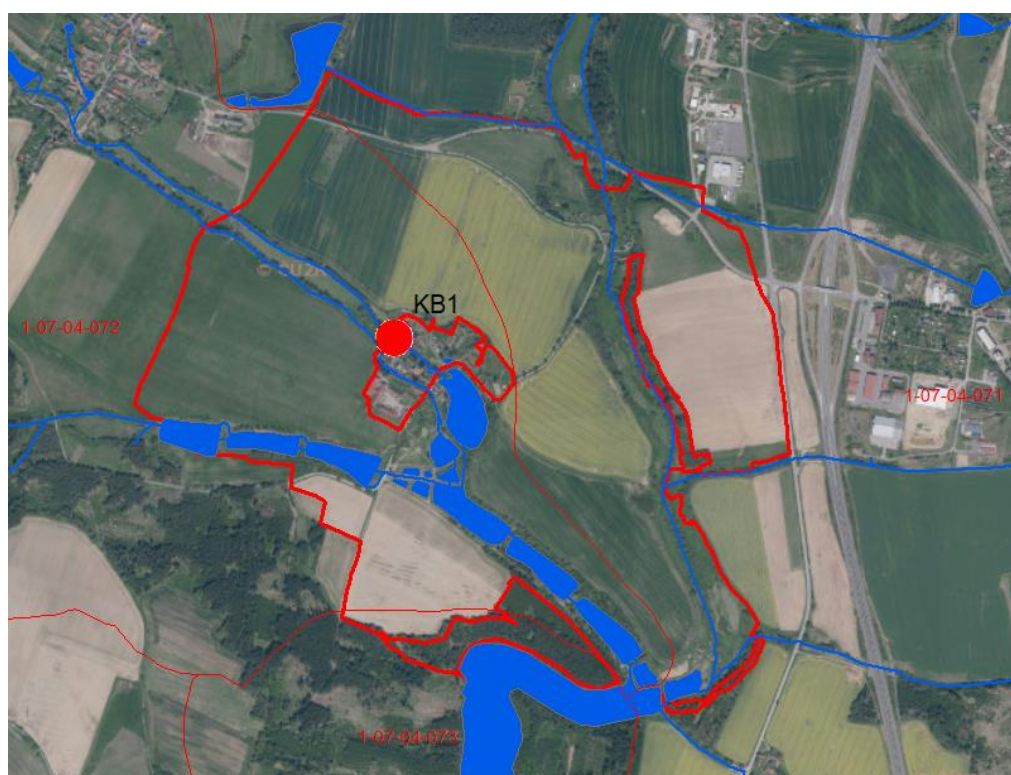
V současné době se v katastrálním území Liderovice nachází kaskáda vodních nádrží zvaná Liderovická soustava. Její využití je převážně rybochovné. Protéká jí Kostelecký potok a jeho pravostranný přítok Radkovský potok. Soustava se skládá ze: Záchytný rybník, Podlesek, Podedvorný rybník, Návesný rybník, Liderovický rybník, Košín III a Košín II. U Košína II a III převažuje funkce rybochovná nad vodárenskou, přesto např. Košín II slouží k zásobování továrny Elektroisola Tábor vodou. Konstrukce košínské kaskády obsahuje obtokový kanál, který je schopen převést velké množství vody z Liderovického rybníka mimo Košín II a III přímo do Košína I (mimo zájmové území). Pod nádrží Košín II ústí Kostelecký potok do Košínského potoka, na kterém leží další významná vodní díla.

**Tabulka 6:** Přehled nádrží v zájmovém území [14]

Název nádrže	Plocha m <sup>2</sup>
Košín I	198 267
Košín II	11 739
Košín III	11 911



Liderovický ryb.	15 426
Návesný ryb.	16 905
Podedvorný ryb.	11 804
Podlesník	9 124
Záchytný ryb.	11 986
Bezejmenný ryb. 1	5 086
Bezejmenný ryb. 2	2 938
Bezejmenný ryb. 3	4 822



Obrázek 7: Hydrologické poměry v KÚ Liderovice

### 3.7 GEOLOGICKÉ A PŮDNÍ POMĚRY

#### 3.7.1 Geologické poměry

Geologické podloží řešeného území je tvořeno horninami moldanubika. Jedná se převážně o pararuly a migmatity. V okolí vodních toků se vyskytují kvarterní svahové a říční sedimenty.

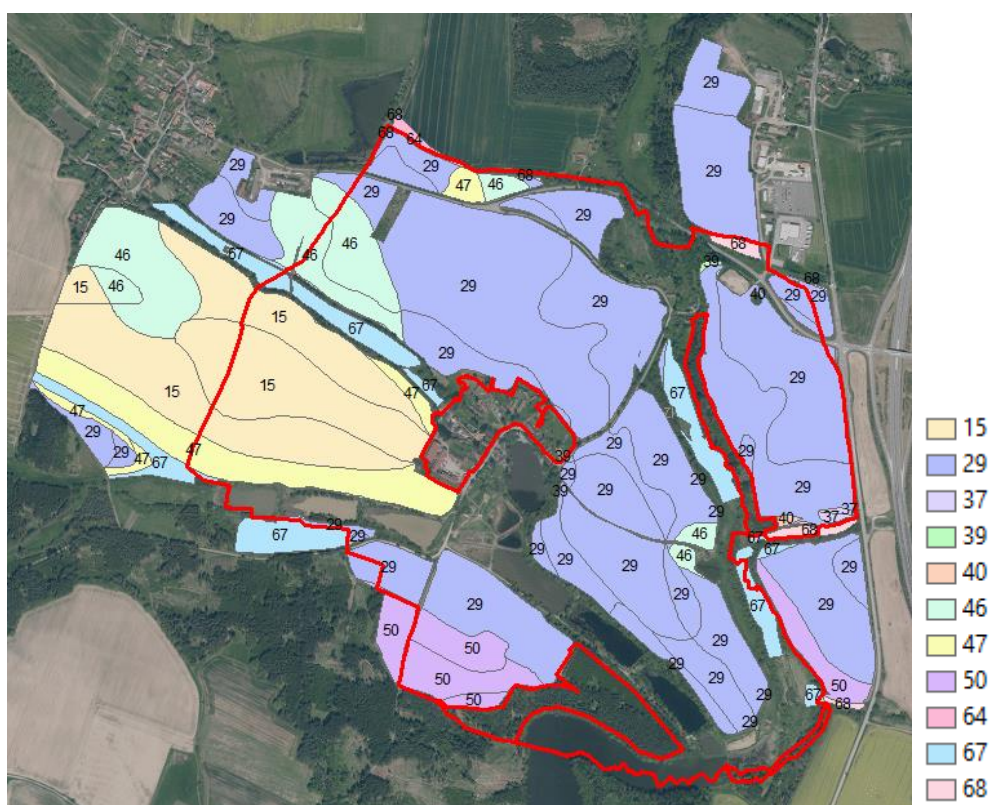
### 3.7.2 Geomorfologické poměry

Převažuje členitá pahorkatina s často dlouhými a místy příkrými svahy. Svahy při rozvodí se sbíhají do středových údolí s toky a soustavami rybníků, která jsou často velmi výrazná.



### 3.7.3 Pedologické poměry

Na minerálně relativně chudých horninách se vyvíjely zejména půdy hnědé (kambizemě), na příznivějších stanovištích hnědozemě. Vzhledem k vyšším srážkovým úhrnům a s tím souvisejícím promyvným režimem jsou na některých místech půdy více či méně illimerizované, čteně se vyskytují oglejené formy a pseudogleje. Místy se vyskytují půdy mělké a nevyvinuté. V údolních nivách, svahových prameništích a výrazných terénních depresích se vyvinuly půdy hydromorfní – různé subtypy glejí.



Obrázek 9: Rozložení půd dle HPJ

#### 3.7.3.1 Zastoupení jednotlivých HPJ [9]

HPJ 15 – Luvizemě modální a hnědozemě luvické, včetně oglejených variet na svahových hlínách s eolickou příměsí, středně těžké až těžké, až středně skeletovité, vláhově příznivé pouze s krátkodobým převlhčením.

HPJ 29 – Kambizemě modální eubazické až mezobazické včetně slabě oglejených variet, na rulách, svorech, fylitech, popřípadě žulách, středně těžké až středně těžké lehčí, bez skeletu až středně skeletovité, s převažujícími dobrými vláhovými poměry.

**HPJ 37** – Kambizemě litické, kambizemě modální, kambizemě rankerové a rankery modální na pevných substrátech bez rozlišení, v podornici od 30 cm silně skeletovité nebo s pevnou horninou, slabě až středně skeletovité, v ornici středně těžké lehčí až lehké, převážně výsušné, závislé na srážkách.

**HPJ 39** – Litozemě modální na substrátech bez rozlišení, s mělkým drnovým horizontem s výchozy pevných hornin, zpravidla 10 až 15 cm mocným, s nepříznivými vláhovými poměry.

**HPJ 40** – Půdy se sklonitostí vyšší než 12 stupňů, kambizemě, rendziny, pararendziny, rankery, regozemě, černozemě, hnědozemě a další, zrnitostně středně těžké lehčí až lehké, s různou skeletovitostí, vláhově závislé na klimatu a expozici.

**HPJ 46** – Hnědozemě luvické oglejené, luvizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší, bez skeletu až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření.

**HPJ 47** – Pseudogleje modální, pseudogleje luvické, kambizemě oglejené na svahových (polygenetických) hlínách, středně těžké, ve spodině těžší až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření.

**HPJ 50** – Kambizemě oglejené a pseudogleje modální na žulách, rulách a jiných pevných horninách (které nejsou v HPJ 48,49), středně těžké lehčí až středně těžké, slabě až středně skeletovité, se sklonem k dočasnému zamokření.

**HPJ 64** – Gleje modální, stagnogleje modální a gleje fluvické na svahových hlínách, nivních uloženinách, jílovitých a slinitých materiálech, zkulturněné, s upraveným vodním režimem, středně těžké až velmi těžké, bez skeletu nebo slabě skeletovité.

**HPJ 67** – Gleje modální na různých substrátech často vrstevnatě uložených, v polohách širokých depresí a rovinných celků, středně těžké až těžké, při vodních tocích závislé na výšce hladiny toku, zaplavované, těžko odvodnitelné.

**HPJ 68** – Gleje modální i modální zrašelinělé, gleje histické, černice glejové zrašelinělé na nivních uloženinách v okolí menších vodních toků, půdy úzkých depresí včetně svahů, obtížně vymežitelné, středně těžké až velmi těžké, nepříznivý vodní režim.

Tabulka 7: Struktura půdního fondu [10]

<b>Celková výměra k.ú. Liderovice</b>	<b>185,12 ha</b>
celková výměra zemědělské půdy	143,18 ha
orná půda	118,92 ha
zahrada	29,94 ha
trvalý travní prost	18,25 ha
lesní porost	9,28 ha
vodní plocha	12,76 ha
chmelnice, vinice a sady	3,02 ha
zastavěná plocha a ostatní plocha	19,90 ha

### 3.7.3.2 Zemědělské využití území

Dle rajonizace z roku 1989 je řešené území zařazeno k výrobní oblasti obilnářsko-bramborářské a řadí se k přirozené zemědělské oblasti Českomoravská vysočina.

Území se nachází na rozmezí podoblastí B2 a B3 - území s vysokým stupněm zornění, s velmi dobrými pěstitelskými předpoklady pro pěstování obilovin, krmných plodin, luskovin a řepky olejné.

Hlavními pěstovanými plodinami jsou: brambory, pšenice obecná a špalda, ječmen potravinářský a krmný, žito, oves, triticales, řepka olejka, mák, len, hořčice bílá, lníčka jarní, jetel luční, pohanka.

### 3.7.4 Hydropedologické poměry

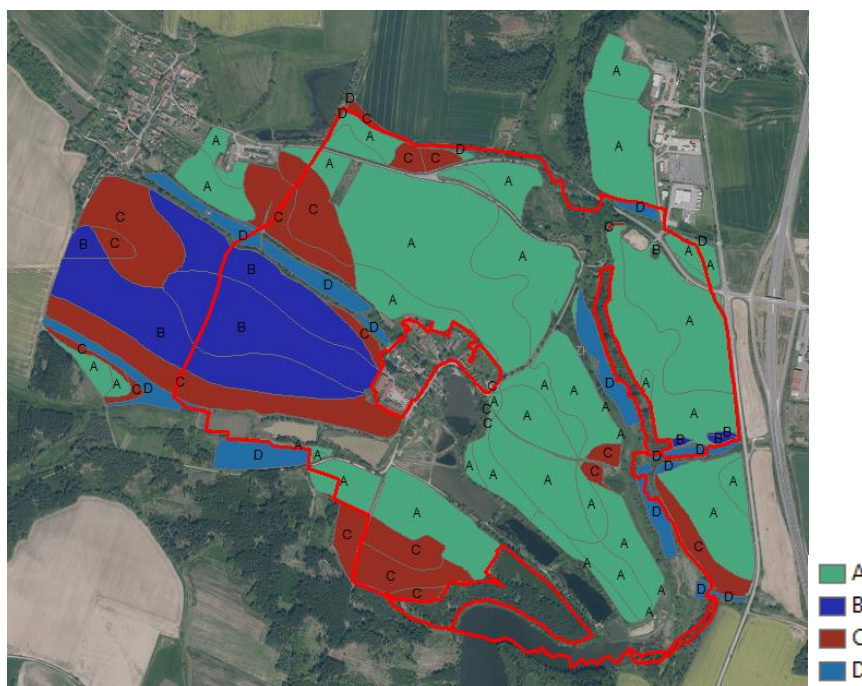
Lehčí propustné rulové substráty odvádí přebytek srážkových vod podpovrchovým odtokem do depresních poloh, svahovinové pokryvy tuto vodu z větší části zadržují a jen malá část je při intenzivnějších srážkách odváděna povrchovým odtokem rovněž do depresních poloh a vodotečí.

O intenzitě povrchového odtoku zde rozhoduje především propustnost zemin, úprava povrchu půdy a její vegetační kryt. V depresních polohách, ve kterých se přebytečná srážková voda po delší dobu či trvale shromažďuje v půdním profilu, podmiňuje vývoj

glejových půd. Značná část poměrně nejlepších půd na smíšených svahovinách trpí v důsledku vyšší kapilarity a vododržnosti uložených zemin, nepříznivým vodním režimem.

Tabulka 8: Hydrologické skupiny půd

Hydrologická Skupina	Charakteristika hydrologických vlastností půd
A	Půdy s vysokou rychlostí infiltrace ( $> 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně hluboké, dobře až nadměrně odvodněné písky nebo štěrky
B	Půdy se střední rychlostí infiltrace ( $0,06 - 0,12 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy středně hluboké až hluboké, středně až dobře odvodněné, hlinitopísčité až jílovitohlinité
C	Půdy s nízkou rychlostí infiltrace ( $0,02 - 0,06 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně půdy s málo propustnou vrstvou v půdním profilu a půdy jílovitohlinité až jílovité
D	Půdy s velmi nízkou rychlostí infiltrace ( $< 0,02 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ ) i při úplném nasycení, zahrnující převážně jily s vysokou bobtnavostí, půdy s trvale vysokou hladinou podzemní vody, půdy s vrstvou jilu na povrchu nebo těsně pod ním a mělké půdy nad téměř nepropustným podložím.



Obrázek 10: Rozložení hydrologických skupin půd

## 4 METODIKA VÝPOČTŮ

Pro výpočet míry erozního ohrožení se v rámci KPÚ se doporučuje použít metodu USLE v prostředí GIS (Geoinformační systém) [1].

### 4.1 METODA USLE

Metoda USLE je jednou z celosvětově nejpoužívanějších empirických metod pro stanovení rizika vodní eroze. Důvodem je hlavně relativní dostupnost vstupních dat, potřebných pro výpočet. Nejčastěji se pro stanovení používá prostředí GIS [12].

Metoda USLE dle autorů Wischmeiera a Smithe. [4]

Rovnice USLE je následující:

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (3.1)$$

Kde:

$G$	průměrná dlouhodobá ztráta půdy erozí [ $t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$ ]
$R$	faktor erozní účinnosti dešťů je stanoven na základě kinetické energie, úhrnu a intenzitě erozně nebezpečných dešťů
$K$	faktor erodovatelnosti půdy
$L$	faktor délky svahu
$S$	faktor sklonu svahu
$C$	faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu
$P$	faktor účinnosti protierozních opatření

Výsledné hodnoty vyjadřují dlouhodobou průměrnou roční ztrátu půdy a množství půdy, které se uvolnilo vodní erozí. Nezohledňují však její následné ukládání na níže položených částech pozemku [4].

#### 4.1.1 R – faktor erozní účinnosti dešťů

Tento faktor je závislý na četnosti výskytu srážek, jejich kinetické energii, intenzitě a úhrnu. Roční hodnota faktoru  $R$  se určuje z dlouhodobých záznamů o srážkách a představuje součet erozní účinnosti jednotlivých přívalových dešťů, které se v daném roce vyskytly, přičemž deště s úhrnem menším jak 12,5 mm se neuvažují, pokud v průběhu 15 minut nespadlo alespoň 6,25 mm [4].

S ohledem na problémy metodického a podkladového charakteru, které stanovení tohoto faktoru provázejí, není výhodné regionalizovat faktor  $R$  pro jednotlivé části České republiky. Průměrná hodnota  $R$  pro ČR se  $R = 40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$  [4].

#### 4.1.2 K – faktor erodovatelnosti půdy

Faktor erodovatelnosti vyjadřuje náchylnost půdy k erozi. V *USLE* je tento faktor definován jako ztráta půdy ze standardního pozemku vyjádřena v  $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$  na jednotku faktoru erozní účinnosti deště  $R$  [4].

Možnosti stanovení:

1. Podle vztahu odvozeného pro faktor  $K$
2. Podle nomogramu sestrojeného na základě uvedeného vztahu
3. Přibližně podle hlavních půdních jednotek (HPJ) bonitační soustavy půd nebo podle půdních typů, subtypů a variet Taxonomického klasifikačního systému půd ČR.

Klimatický region	Hodnota faktoru C Orná půda
0	0,291
1	0,278
2	0,266
3	0,254
4	0,241
5	0,229
6	0,216
7	0,204
2	0,192
9	0,179

### 4.1.3 LS – faktor

Do původní rovnice USLE vstupuje L a S faktor zvlášť. Při výpočtech v prostředí GIS je však používán tzv. topografický faktor LS. Ten vychází z poměru ztráty půdy ke ztrátě půdy na standartním pozemku o délce 22 m a sklonu 9 % [12].

U metody UCA se vychází z rovnice:

$$LS = \left(\frac{A_s}{22,13}\right)^m \times \left(\frac{\sin \alpha}{0,09}\right)^n \quad (3.2)$$

Kde: LS – topografický faktor,

$A_s$  – jednotková zdrojová plocha odtoku (UCA)

$\alpha$  – sklon v radiánech,

m – kalibrační parametr

n – kalibrační parametr

Metoda nahrazuje horizontální projekci nepřerušené délky ( $l_s$ ) svahu jednotkovou zdrojovou plochou ( $A_s$ ). Tato metoda je jedna z doporučených metod výpočtu LS faktoru pro ČR. Mezi výhody výpočtu topografického faktoru touto metodou je rychlost vyhodnocení pro větší oblasti. Nevýhodou je poté nadhodnocení výsledného smyvu způsobenému konvergencí terénu [12].

### 4.1.4 C – faktor ochranného vlivu vegetačního pokryvu

Vliv tohoto faktoru na smyv půdy se projevuje přímou ochranou povrchu půdy před destruktivním působením dopadajících dešťových kapek, a zpomalováním rychlosti povrchového odtoku a nepřímo působením vegetace na půdní vlastnosti, zejména na pórovitost a propustnost včetně omezení možnosti zanášení pórů jemnými půdními částicemi a mechanickým zpevněním půdy kořenovým systémem [4].

Ochranný faktor lze stanovit dle:

- způsobu obdělávání – záleží na struktuře pěstovaných plodin, jejich střídání a na pěstovaných plodinách v meziobdobí.
- konkrétní plodiny – pro jednotlivé druhy plodin jsou přiřazeny hodnoty C.

- klimatického regionu – jedná se o první číslo z BPEJ [4].

**Tabulka 9: C – faktor pro ornou půdu dle klimatického regiony**

Klimatický region	Hodnota faktoru C Orná půda
0	0,291
1	0,278
2	0,266
3	0,254
4	0,241
5	0,229
6	0,216
7	0,204
2	0,192
9	0,179

**Tabulka 10: C-faktor pro ostatní kultury**

Kód	Druh půdy	Hodnota faktoru C
3	Chmelnice	0,44
4	Vinice	0,44
5	Jiná trvalá kultura	0,44
6	Ovocný sad	0,44
7	Travní porost	0,005
9	Jiná kultura	0,005
21	lesy	0,001
91	lesy	0,001
98	lesy	0,001
99	lesy	0,001



#### 4.1.5 P – faktor účinnosti protierozních opatření

Jedná se o faktor účinnosti protierozních opatření. V případě, že na řešeném území tato opatření nejsou, nabývá  $P$  – faktor plnou hodnotu a  $P = 1$  [4].

### 4.2 METODA CN KŘIVEK

Tato metoda řeší problematiku přímého odtoku vody z významných dešťů na povodí bez limnigrafického měření (*Curve Number Method* = CN). Byla vyvinuta americkou Službou ochrany půd (*U. S. Soil Conservation Service*) a v současnosti je používána v mnoha zemích světa, včetně České republiky [4].

Pro svou jednoduchost a dostupnost vstupních údajů je velice oblíbená. Jednoduchost této metody spočívá v reakci odtoku z přívalového deště na čtyři snadno pochopitelné vlastnosti povodí: půdní hydrologické charakteristiky, využití a obhospodařování půdy, vlastnosti povrchu a předchozí nasycenost povodí. Metoda je doporučována zejména pro malá povodí do plochy cca 10 km<sup>2</sup> [4].

Metoda CN je modelem infiltrační ztráty a původně byla vytvořena jako celkový časoprostorový model pro převod výšky přívalových srážek na objem přímého odtoku. Nedostatkem této metody je, že nepopisuje prostorové a časové variability a její použitelnost je omezena na modelování ztrát při přívalových deštích [4].

Princip metody je založen na hypotéze lineárního vztahu v poměru skutečného a maximálně možného (potenciálního) rozdílu výšky srážek  $H_s$  a výšky přímého odtoku z ní  $H_o$  a poměru hodnot ke srážce:

$$H_o = \frac{(H_s - 0,2 * A)^2}{H_s + 0,8 * A} \text{ [mm]}; \text{ pro } H_s > 0,2 + A \quad (3.6)$$

Kde

$H_s$	intenzita srážky [mm]
$H_o$	intenzita přímého odtoku [mm]
$A$	potenciální retence aktivní zóny povodí [mm] vyjádřená pomocí CN křivek.

$$A = 25.4 * \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right) \quad (3.7)$$

Objem přímého odtoku je dán vztahem.

$$O_{ph} = 1000 * P_p * H_o \text{ [m}^3\text{]} \quad (3.8)$$

Kde

$P_p$  plocha povodí [km<sup>2</sup>]

Návrhový déšť lze získat z ČHMU. Pro základní stanovení lze použít hodnotu úhrnů maximálních 24–hodinových srážek s návrhovou četností výskytu z nejbližší měřicí stanice.

Čísla odtokových křivek (CN) jsou určena podle:

- a) Hydrologických vlastností půd, které jsou rozděleny do 4 skupin A, B, C, D, na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu a po dlouhodobém sycení.
- b) Vlhkosti půdy určované na základě 5-denního úhrnu předcházejících srážek, respektive indexu předchozích srážek (IPS) ve 3 stupních, kde IPS I odpovídá takovému minimálnímu obsahu vody v půdě, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání, při IPS III je půda přesycena vodou z předcházejících dešťů. Pro návrhové účely se uvažuje IPS II.
- c) Využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření.

### 4.3 MODEL DESQ

Model DesQ se používá pro výpočet maximálních a návrhových průtoků ve stanovených kritických profilech malých povodí na základě údajů o přívalových deštích, jejich intenzitě a době trvání. Výsledkem jsou údaje potřebné pro dimenzování protipovodňových opatření [13].

Pomocí tohoto modelu se v nepozorovaných profilech povodí stanovují:

- maximální N-letý průtok, způsobený deštěm kritické doby trvání
- maximální N-letý průtok, způsobený deštěm navrhované doby trvání a náležící náhradní intenzity
- maximální průtok, vyvolaný deštěm navrhované doby trvání a intenzity

- N-letý objem a tvar povodňové vlny, vyvolaný maximálním N-letým jednodenním srážkovým úhrnem
- vliv agrotechnických a technických opatření v povodí na maximální průtok
- velikost objemu a tvar povodňové vlny

## 5 VÝPOČET VODNÍ EROZE A ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

Tato kapitola popisuje výpočty a postupy pro stanovení erozního ohrožení (v prostředí ArcGIS) a odtokových poměrů (v prostředí ArcGIS a DesQ – MaxQ). Cílem je lokalizovat erozní smyv a stanovit erozní ohroženost půdních celků v podobě průměrných smyvů zemědělské půdy. Dále se určují kritické body pro akumulaci soustředěného odtoku a stanovují se

### 5.1 ANALÝZA VODNÍ EROZE

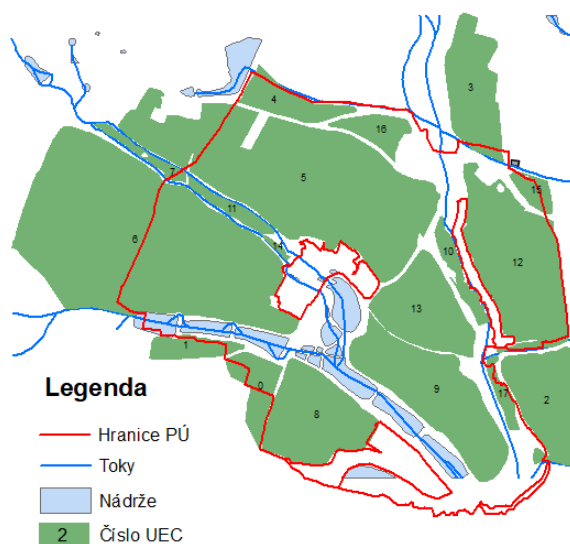
Pro výpočet průměrného erozního smyvu v prostředí GIS za použití metody USLE byli použity tyto data:

- Digitální model terénu
- Datová vrstva BPEJ
- Datová vrstva LPIS
- Výškopis tvořený vrstevnicemi

#### 5.1.1 Vymezení EUC

EUC – erozně uzavřené celky jsou plochy, které vznikly na základě půdních bloků z vrstvy LPIS. Ty jsou však dále upraveny s ohledem na vliv rozvodnic, vrstevnic, vodních toků a nádrží a cestní sítě. Navazují-li z pohledu povrchového odtoku jednotlivé bloky na sebe a nedochází-li k jeho přerušení, tak jsou spojeny do větších celků, a to i s přesahem mimo obvod pozemkových úprav.

Ve výsledku to znamená, že v rámci výpočtu erozního smyvu je eroze počítána i pro plochy, které v rámci samotné pozemkové úpravy nejsou řešeny. Proto faktory vstupující do rovnice USLE jsou následně parametrizovány pro tyto plochy.



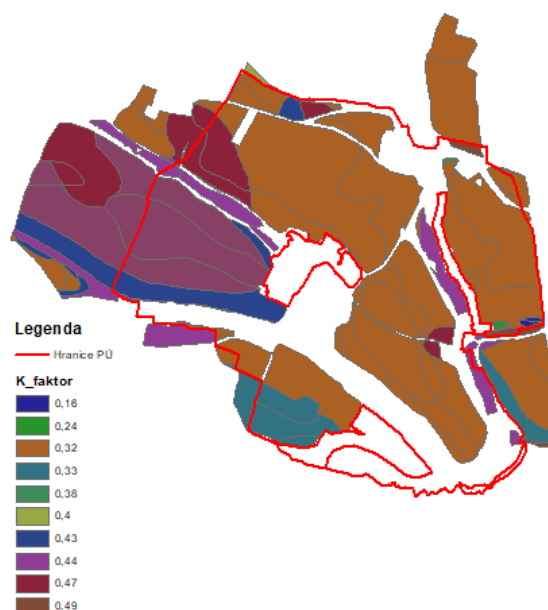
Obrázek 11: Vymezené EUC

### 5.1.2 Stanovení R – faktoru

S ohledem na náročnost vstupních dat potřebných pro přesné určení *R*-faktoru, bude použita průměrná hodnota *R* faktoru pro Českou republiku, která je stanovena na  $40 \text{ MJ} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$  [4].

### 5.1.3 Stanovení K – faktoru

V případě identifikace erozního smyvu na rozsáhlém území není možné určit *K*-faktor formou odebrání a vyhodnocení půdních vzorků. Proto byl *K*-faktor stanoven dle HPJ viz Příloha 4: Tabulka hodnot *K*-faktoru pro jednotlivé HPJ.



Obrázek 12: Mapa K-faktoru

### 5.1.4 Stanovení C - faktoru

Z důvodu nedostupnosti dat o dlouhodobém zastoupení pěstovaných plodin je *C*-faktor pro ornou půdu stanoven dle klimatického regionu.

Kód klimatického regionu lze vyčíst z BPEJ (1. číslo) K němu se následně přiřazuje *C*-faktor viz tabulka 9. Liderovice spadají do klimatického regionu 7 a proto je *C* pro ornou půdu 0,204. Pro trvalý trvaní porost je stanoveno  $C=0,005$  podle tabulky 10.



Obrázek 13: Mapa C-faktoru

### 5.1.5 Stanovení L a S faktoru

LS faktor byl určen metodou UCA. Výpočet LS faktoru je proveden pomocí funkce *Raster Calculator*, do které je vložena rovnice v následující podobě:

$$Power\left(\text{flowacc} * \frac{\text{resolution}}{22.13, 0.56}\right) * Power(\text{Sin}(\text{"slope"} * 0.01745) / 0.0896, 1.3) * (1 + 0.56) \quad (5.1)$$

Kde:	<i>Flowacc</i>	rastr akumulace odtoku
	<i>Resolution</i>	velikost pixelu digitálního modelu terénu
	<i>Slope</i>	rastr sklonitosti (°)
	22.13	délka standardního pozemku (m)
	0.0896	sklon standardního pozemku (rad)
	0.56 a 1.3	kalibrační parametry

Pro získání vstupních rastrových vrstev potřebných pro výpočet rovnice (5.1) v prostředí ArcGIS byli použity nástroje:

- *Flow Direction* pro určení směru odtoku – vstupem je *DMT*
- *Flow Accumulation* pro určení akumulace odtoku – vstupem je směr odtoku
- *Slope* pro určení sklonitosti rastru – vstupem je *DMT*

### 5.1.6 Stanovení P-faktoru

V lokalitě nejsou žádná protierozní opatření, proto je pro celé území uvažováno  $P=1$ .

### 5.1.7 Míra erozní ohroženosti

Po dosazení faktorů do rovnice USLE ve funkci *Raster Calculator*, byl vypočítán erozní smyv pro jednotlivé pixely rastru. Úpravou rastru (funkcí *Zonal Statistics*) byl vypočítán průměrný smyv pro jednotlivé EHP (erozně ohrožené plochy). Za erozně ohrožené jsou považovány ty EHP, jejichž průměrný smyv překročí hodnotu  $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  [4].

**Tabulka 11:** Míra erozní ohroženosti na jednotlivých EHP

Ozn. EHP	Ø smyv	Celkový smyv
	[t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ]	[t·rok <sup>-1</sup> ]
1	1,93	2850,5
2	1,24	1255,6
3	2,30	8405,7
4	2,08	7121,1
5	1,03	1611,3
6	1,60	25136,5
7	1,88	37212,0
8	0,24	132,5
9	2,27	10236,8
10	1,65	9914,1
11	0,14	118,1
12	0,26	174,6
13	1,95	13749,4
14	1,81	6776,4
15	0,46	49,2
16	0,80	492,1
17	1,54	1564,7
18	0,24	125,1

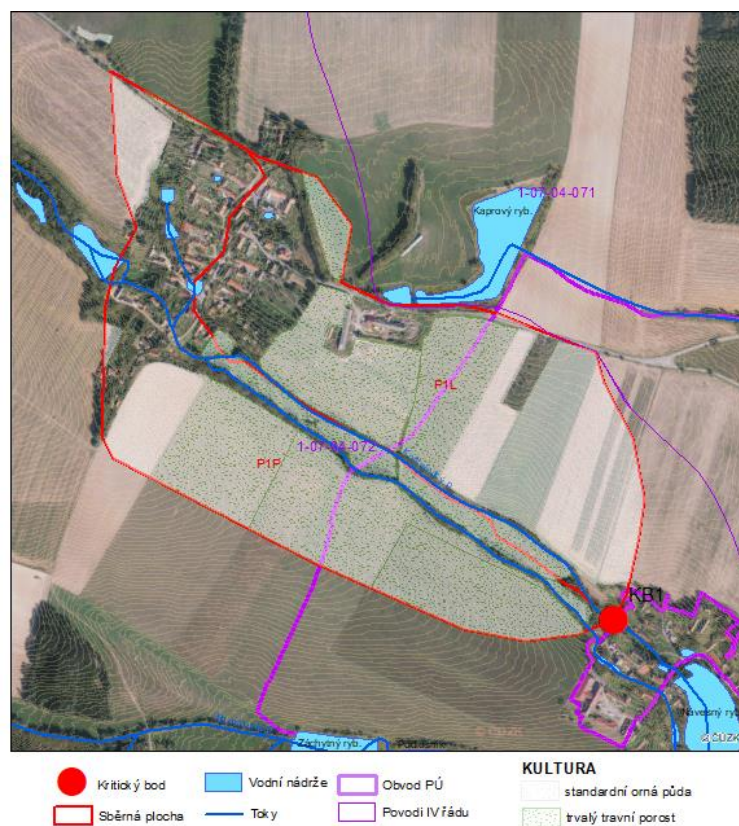
## 5.2 STANOVENÍ ODTOKOVÝCH POMĚRŮ

Z hydrologicky korektního digitálního modelu terénu (DMT) vytvořeného interpolační metodou na základě výškopisu je odvozena mapa směrů odtoku (funkce flow direction), tj. mapa směru největšího spádu každé buňky gridu k sousední níže položené buňce. Na základě analýzy směrů odtoku se následně provede pomocí hydrologické nadstavby GIS (funkce flow accumulation) generování akumulace odtoku a následné odvození hydrografické mikrosítě drah soustředěného povrchového odtoku v závislosti na velikosti přispívající plochy 0,3 km<sup>2</sup>.

V místech, kde vygenerované linie drah soustředěného odtoku vnikají do zastavěné části obcí, se stanoví tzv. kritické body. V rámci šetření byl nalezen jeden kritický bod, pro který bylo stanoveno povodí zasahující velkou měrou mimo katastrální území obce Liderovice. Povodí kritického bodu se nalézá severozápadním směrem od obce.

K identifikovanému profilu byly provedeny výpočty základních hodnot přímého odtoku s využitím modelu DesQ. Provedené výpočty poskytly hodnoty kulminačního

průtoku a objemu přímého odtoku. Jednodenní srážkový úhrn byl převzat ze stanice v Táboře.



Obrázek 14: Detail sběrné plochy KB1

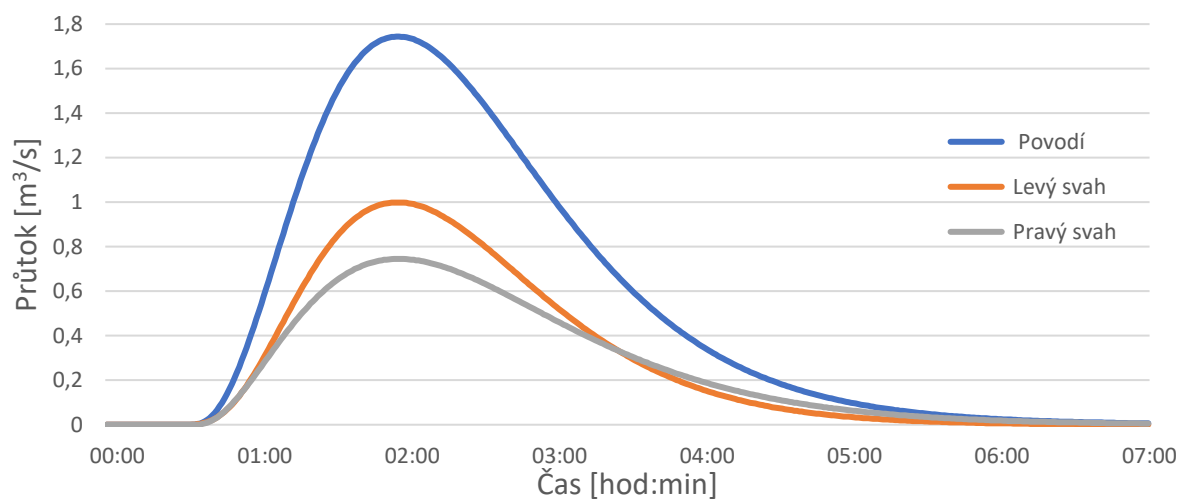


Tabulka 12: Vstupní parametry pro KB1

VSTUPNÍ VELIČINY		Povodí	Levý svah	Pravý svah	Jednotky
F	plocha povodí	0,63			[km <sup>2</sup> ]
F <sub>s</sub>	plocha svahu		0,31	0,32	[km <sup>2</sup> ]
I <sub>s</sub>	průměrný sklon svahu		4,3	4,4	[%]
γ	drsnostní charakteristika		6,77	6,17	[sec]
L <sub>u</sub>	délka údolnice	1,39			[km]
I <sub>u</sub>	průměrný sklon údolnice	1,62			[%]
CN	typ odtokové křivky (1,2,3)		2	2	[...]
CN	číslo odtokové křivky		76	73	[...]
N	doba opakování	5,10,20,50,100			[roky]
H <sub>1d5</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=5	44,1			[mm]
H <sub>1d10</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=10	50,7			[mm]
H <sub>1d20</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=20	57,6			[mm]
H <sub>1d50</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=50	66,1			[mm]
H <sub>1d100</sub>	1-denní maximální srážkový úhrn pro N=100	72,7			[mm]

Tabulka 13: Odtokové poměry pro povodí KB1

N-leté maximální průtoky a objemy povodňových vln						Jednotky
N	5	10	20	50	100	[roky]
Q <sub>N</sub>	0,49	0,717	0,994	1,4	1,74	[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]
W <sub>PVT</sub>	5,14	6,22	7,33	8,65	9,7	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]
W <sub>PVT,1d</sub>	9,07	10,7	11,8	12,7	13,6	[10 <sup>3</sup> .m <sup>3</sup> ]



**Obrázek 15:** Hydrogram 100leté povodně pro KB1

## 6 ZÁVĚR

Bakalářská práce vyhodnocuje erozní a odtokové poměry v obvodu pozemkových úprav obce Liderovice, v jižních Čechách. V teoretické části seznamuji s problematikou pozemkových úprav a eroze. V praktické části byl proveden rozbor současného stavu s ohledem na hydrologické, geologické a půdní podmínky. Dále získány podklady z nichž následně byla vypočítána míra erozní ohroženosti a odtokové poměry.

Pro výpočet míry erozní ohroženosti byla použita rovnice Wischmeiera a Smithe. Podklady a potřebná data byla vyhodnocena v programu ArcGIS. Pro získání topografického LS faktoru, který do rovnice vstupuje byla použita metoda UCA.

Na základě výsledků výpočtů bylo zjištěno, že na žádné z EHP nebyla překročena hranice průměrného smyvu  $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  a tedy z tohoto pohledu není území ohroženo vodní erozí. Avšak v souvislosti se soustředěným odtokem je několik lokálních míst výrazně erodováno, navíc tato ohrožená místa jsou v těsné blízkosti toků a vodních nádrží. To přináší vysoké riziko jejich zanášení a tím způsobený negativní vliv na jejich funkci.

V rámci vyhodnocení odtokových poměrů byl na základě drah soustředěného odtoku nalezen jeden kritický bod, pro který byli pomocí modelu DesQ určeny hodnoty přímého odtoku.

Na základě zjištěných skutečností bude možné v rámci plánu společných zařízení navrhnout optimální řešení např. v podobě cestní sítě s protierozním účinkem nebo některým z prvků územního systému ekologické stability.

## 7 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] *Metodický návod k provádění pozemkových úprav ve znění změny č.2.2.* Praha: STÁTNÍ POZEMKOVÝ ÚŘAD, 2017.
- [2] *POZEMKOVÉ ÚPRAVY: MODUL 01.* Brno: VUT, 2006, (1).
- [3] *Analýza území v prostředí GIS pro účely komplexních pozemkových úprav.* Brno, 2017. DIPLOMOVÁ PRÁCE. MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ.
- [4] JANEČEK, Miloslav. *Ochrana zemědělské půdy před erozí: metodika.* 1. vyd. Praha: Powerprint, 2012. ISBN 978-80-87415-42-9.
- [5] Vodní eroze snižuje výnos plodin až o 75 %. Jak se jí bránit?. *ŽÍT KRAJINOU* [online]. Praha: Státní pozemkový úřad, 2018 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <http://zitkrajinou.cz/voda-a-sucho/vodni-eroze-snizuje-vynos-plodin-az-75-se-branit/>
- [6] TEORETICKÉ MINIMUM K VODNÍ EROZI. *Webová Encyklopedie* [online]. Praha: VUMOP, 2019 [cit. 2020-06-04]. Dostupné z: [https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/TEORETICK%C3%89\\_MINIMUM\\_K\\_VODN%C3%8D\\_EROZI](https://encyklopedie.vumop.cz/index.php/TEORETICK%C3%89_MINIMUM_K_VODN%C3%8D_EROZI)
- [7] Výběr statistických údajů pro Českou republiku za rok 2019. In: *Půda v číslech* [online]. Praha: VUMOP, 2019 [cit. 2020-06-03]. Dostupné z: <https://statistiky.vumop.cz/>
- [8] *PŘÍRUČKA OCHRANY PROTI EROZI ZEMĚDĚLSKÉ PŮDY.* Praha, 2017. Dostupné z: [http://eagri.cz/public/web/file/293635/MZE\\_prirucka\\_ochrany\\_proti\\_erozi\\_zemedelske\\_pudy\\_2017.pdf](http://eagri.cz/public/web/file/293635/MZE_prirucka_ochrany_proti_erozi_zemedelske_pudy_2017.pdf)
- [9] REALIZOVANÉ ZAKÁZKY. In: *STAVBY RYBNÍKŮ* [online]. Vlašim: STAVBY RYBNÍKŮ, 2020 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <http://www.stavbyrybniku.cz/realizovane-zakazky.php?zakazka=5>
- [10] LATTENBERG, Lukáš. Lukáš Lattenberg: Kyjovsko - větrná eroze v praxi. *Ekolist.cz* [online]. Praha: ekolist, 2018 [cit. 2020-05-15]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/publicistika/nazory-a-komentare/lukas-lattenberg-kyjovsko-vetrna-eroze-v-praxi>
- [11] *ÚZEMNÍ PLÁN CHOTOVINY: návrh pro společné jednání.* In: . Tábor: Městský úřad Soběslav, odbor výstavby a územního rozvoje, 2018, ročník 2018, číslo 1.

[12 BRYCHTA, Jiří a Jan PETRŮ. *Základy hodnocení vodní eroze pomocí GIS: principy a praxe*. Praha, 2016.

[13 Charakteristika programu. *Program DesQ - MaxQ* [online]. Praha: DesQ - MaxQ, 2020 [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <http://www.desq-maxq.cz/index.html>

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Charakteristika klimatického regionu.....	11
Tabulka 2: Průměrné měsíční srážky.....	12
Tabulka 3: Průměrné měsíční teploty.....	12
Tabulka 4: - Přehled dílčích povodí v k.ú.....	13
Tabulka 5: Přehled vodních toků v zájmovém území [14] .....	14
Tabulka 6: Přehled nadržů v zájmovém území [14] .....	14
Tabulka 7: Struktura půdního fondu [10].....	19
Tabulka 8: Hydrologické skupiny půd.....	20
Tabulka 9: <i>C</i> – faktor pro ornou půdu dle klimatického regiony .....	24
Tabulka 10: C-faktor pro ostatní kultury .....	24
Tabulka 11: Míra erozní ohroženosti na jednotlivých EHP .....	31
Tabulka 12: Vstupní parametry pro KB1 .....	33
Tabulka 13: Odtokové poměry pro povodí KB1.....	33

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Dlouhodobá průměrná ztráta půdy v ČR [7] .....	7
Obrázek 2: Ukázka odbahnění vodní nádrže Jemniště – dolní [9] .....	9
Obrázek 3: Ohroženost zemědělské půdy v ČR větrnou erozí [7] .....	10
Obrázek 4: Ukázka větrné eroze (Kyjovsko, foto) [10] .....	10
Obrázek 5: Obvod pozemkových úprav v k.ú. Liderovice.....	11
Obrázek 6: Ohrožení větrnou erozí dle katastrálního území (zdroj: <a href="https://geoportal.vumop.cz/">https://geoportal.vumop.cz/</a> ) .....	12
Obrázek 7: Hydrologické poměry v KÚ Liderovice.....	15
Obrázek 8: Přehled místní geologie.....	16
Obrázek 9: Rozložení půd dle HPJ.....	17
Obrázek 10: Rozložení hydrologických skupin půd .....	20
Obrázek 11: Vymezené EUC.....	28
Obrázek 12: Mapa K-faktoru.....	29
Obrázek 13: Mapa C-faktoru .....	29
Obrázek 14: Detail sběrné plochy KB1.....	32
Obrázek 15: Hydrogram 100leté povodně pro KB1 .....	34

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

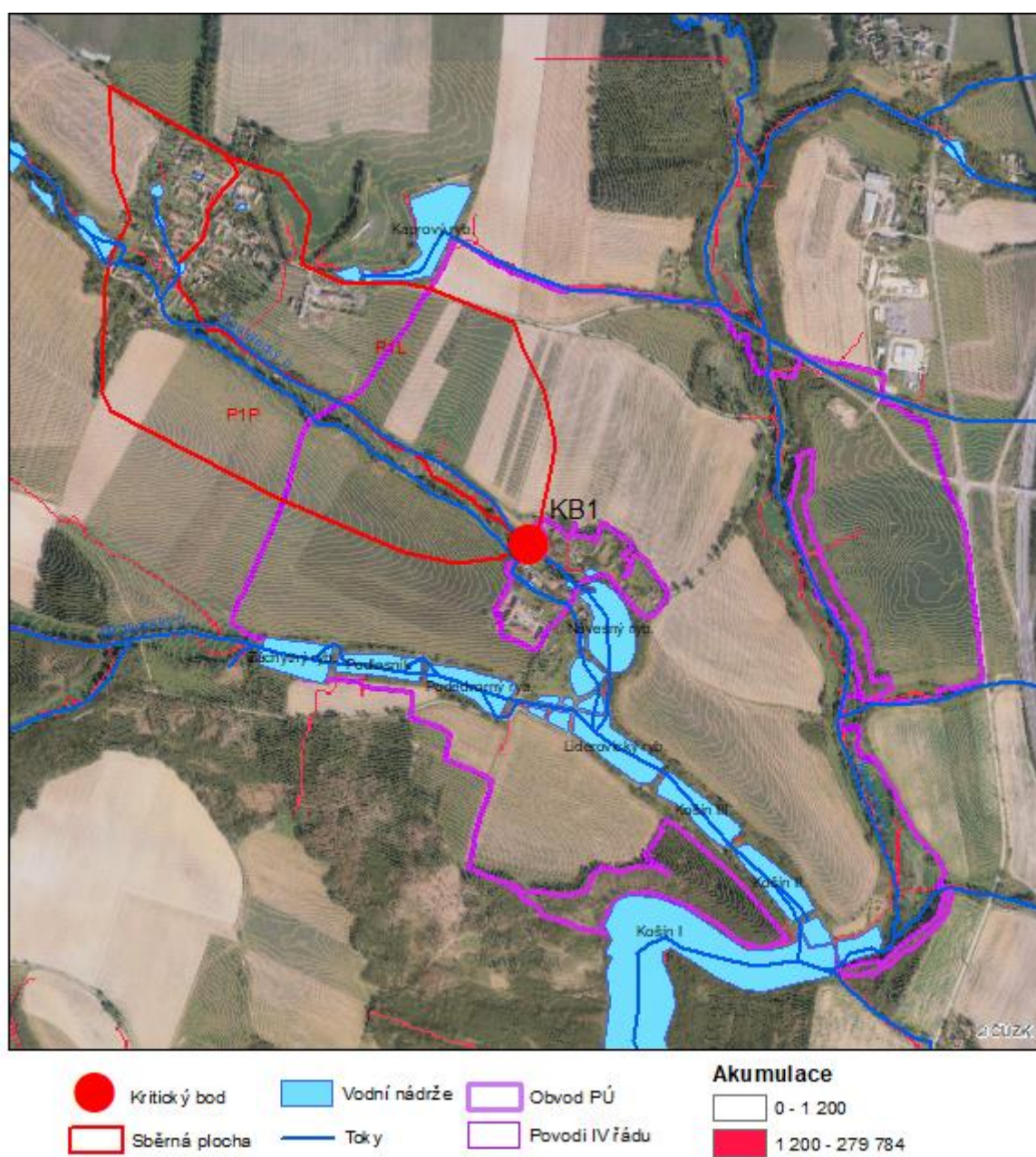
BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
CN	číslo odtokové křivky
DMT	digitální model terénu
GIS	geografický informační systém
HPJ	hlavní půdní jednotka
HSP	hydrologická skupina půd
LPIS	veřejný registr půd
PEO	protierozní opatření
TTP	trvalý travní porost
USLE	univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy
EP	erodované plochy
k. ú.	katastrální území
ÚSES	územní systém ekologické stability
ČHMÚ	český hydrometeorologický ústav
EUC	erozně uzavřený celek



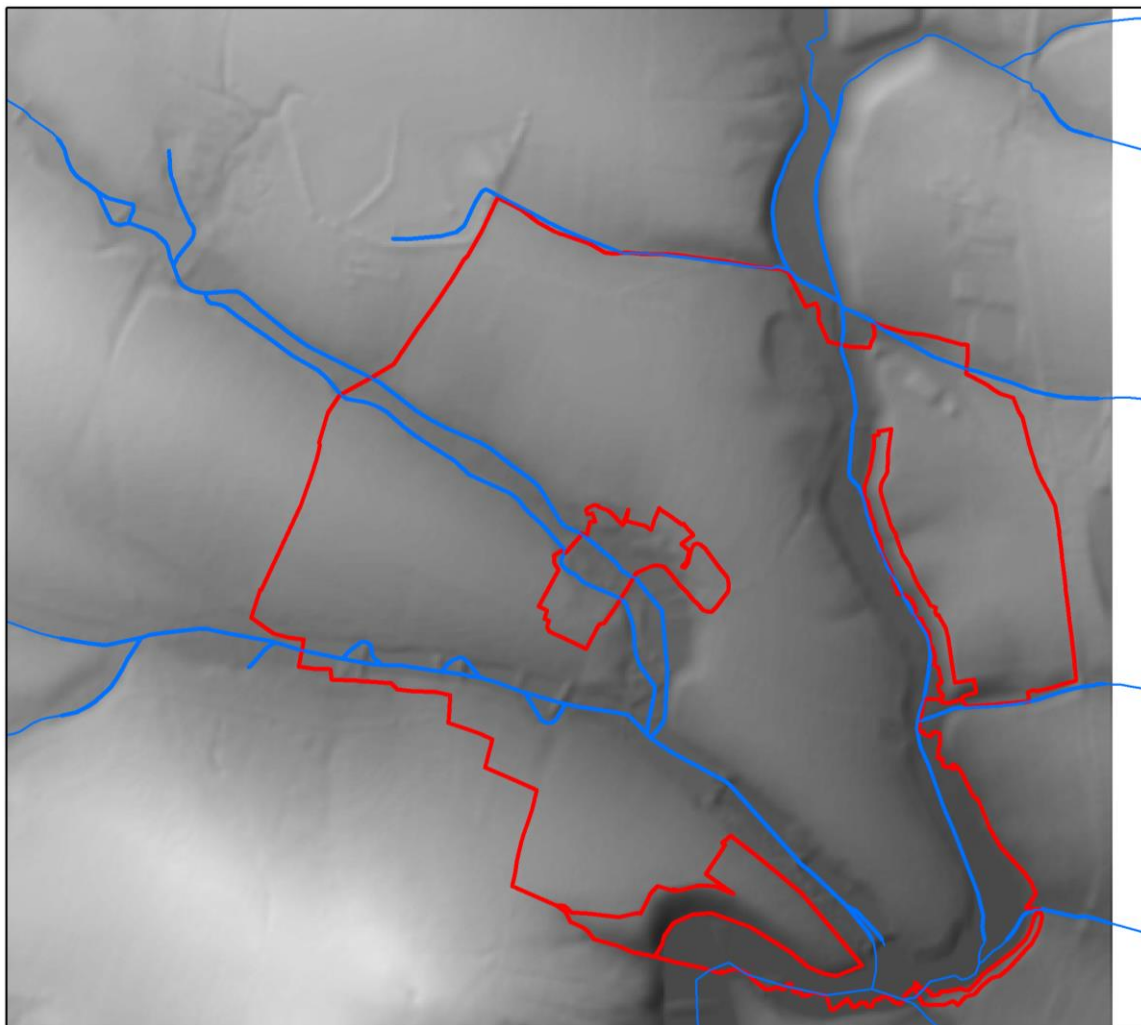
## SEZNAM PŘÍLOH

1. Mapa hydrologických poměrů
2. Mapa reliéfu terénu
3. Mapa HPJ
4. Tabulka hodnot K-faktoru pro jednotlivé HPJ
5. Mapa erozních poměrů

Příloha 1: Mapa hydrologických poměrů



## Příloha 2: Mapa reliéfu terénu

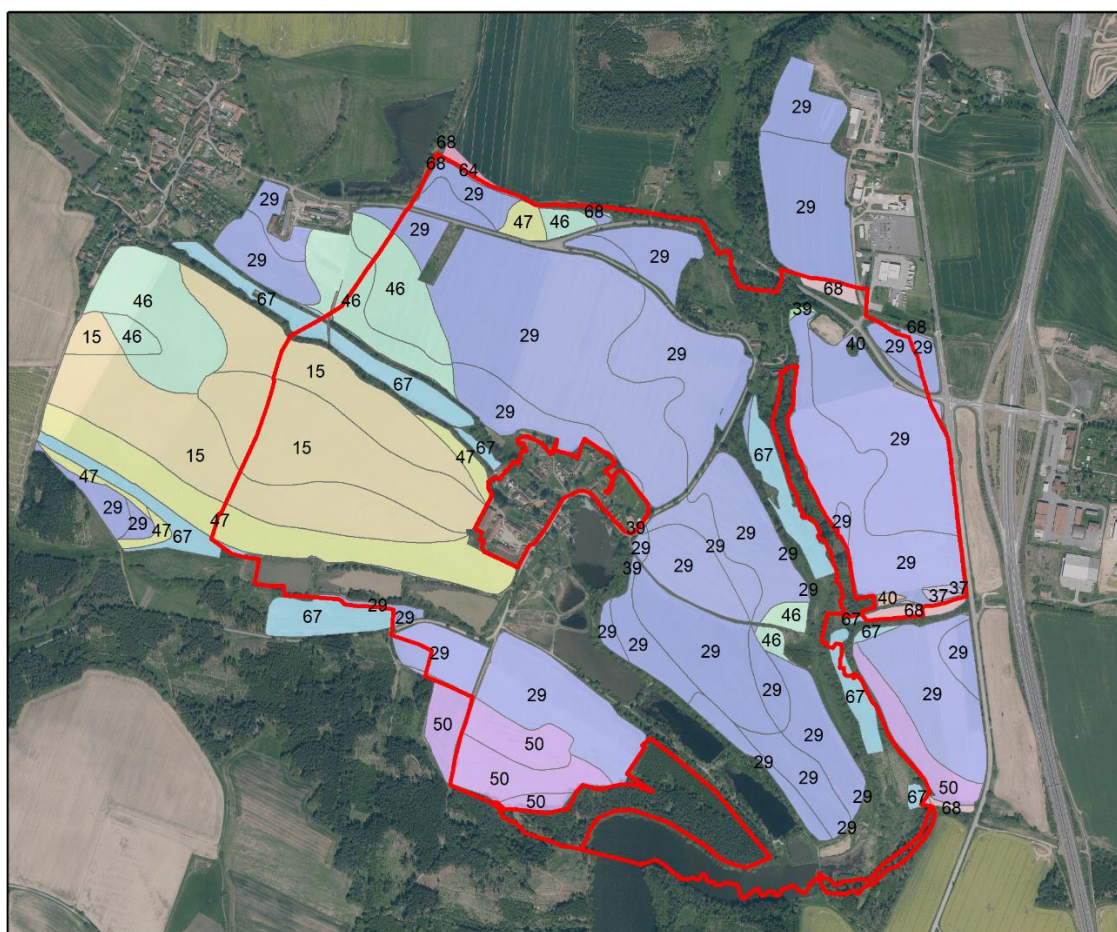


### Legenda

- Hranice PÚ
- Toky



### Příloha 3: Mapa HPJ



#### Legenda

— Hranice PÚ

2 Číslo HPJ

#### HPJ

15	40	64
29	46	67
37	47	68
39	50	

Příloha 4: Tabulka hodnot K-faktoru pro jednotlivé HPJ

HPJ	K - faktor	HPJ	K - faktor
01	0,41	40	0,24
02	0,46	41	0,33
03	0,35	42	0,56
04	0,16	43	0,58
05	0,28	44	0,56
06	0,32	45	0,54
07	0,26	46	0,47
08	0,49	47	0,43
09	0,60	48	0,41
10	0,53	49	0,35
11	0,52	50	0,33
12	0,50	51	0,26
13	0,54	52	0,37
14	0,59	53	0,38
15	0,51	54	0,40
16	0,51	55	0,25
17	0,40	56	0,40
18	0,24	57	0,45
19	0,33	58	0,42
20	0,28	59	0,35
21	0,15	60	0,31
22	0,24	61	0,32
23	0,25	62	0,35
24	0,38	63	0,31
25	0,45	64	0,40
26	0,41	65	nedostatek dat
27	0,34	66	nedostatek dat
28	0,29	67	0,44
29	0,32	68	0,49
30	0,23	69	nedostatek dat
31	0,16	70	0,41
32	0,19	71	0,47
33	0,31	72	0,48
34	0,26	73	0,48
35	0,36	74	nedostatek dat
36	0,26	75	nedostatek dat
37	0,16	76	nedostatek dat
38	0,31	77	nedostatek dat
39	nedostatek dat	78	nedostatek dat

Příloha 5: Mapa erozních poměrů



### Legenda

- Hranice PÚ
- Toky
- Nádrže
- 2 Číslo EP
- Vrstevnice

### Hodnocení erozního smyvu [ $t \cdot h^{-1} \cdot rok^{-1}$ ]

- 0 - 1
- 1 - 4
- 4 - 10
- 10 - 15
- 15 - 20
- 20 - 30
- 30 a více